



TUGAS AKHIR ME 141501

**DESAIN KEKUATAN SISTEM JANGKAR PENAHAN
MARINE FLOATING CRANE DENGAN BEBAN 40 TON**

ACH. KHOIRI HIDAYAT
NRP 4214 105 020

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji MM, M.Sc
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



FINAL PROJECT ME 141501

**STRENGTH ANALISYS OF ANCHOR SYSTEM TO
SUPPORT 40 TON LOADS OF MARINE FLOATING
CRANE**

ACH. KHOIRI HIDAYAT
NRP 4214 105 020

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji MM, M.Sc
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN KEKUATAN SISTEM JANGKAR PENAHAN
MARINE FLOATING CRANE DENGAN BEBAN 40 TON

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:


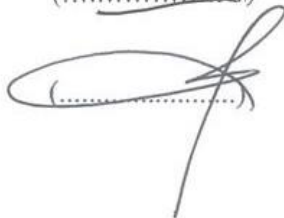
ACH. KHOIRI HIDAYAT
NRP. 4214 105 020

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing :

Ir. Amiadji, M.M., M.Sc
NIP.196103241988031001

Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil
NIP.196809281991021001


(.....)

(.....)

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN KEKUATAN SISTEM JANGKAR PENAHAN
MARINE FLOATING CRANE DENGAN BEBAN 40 TON

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACH. KHOIRI HIDAYAT
NRP. 4214 105 020

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:

Ketua Jurusan




Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007

DESAIN KEKUATAN SISTEM JANGKAR PENAHAN MARINE FLOATING CRANE DENGAN BEBAN 40 TON

Nama Mahasiswa : Ach. Khoiri Hidayat
NRP : 4214 105 020
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji MM, M.Sc
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil

Abstrak

Indonesia merupakan Negara maritim dengan jumlah kepulauan terbanyak di dunia, hingga mencapai 13.466 Pulau yang terdaftar dan berkoordinat, dari banyaknya daerah kepulauan tersebut, bidang transportasi dan industri kemaritiman perlu lebih diperhatikan. Dunia marine terdapat banyak teknologi terus berinovasi seperti contohnya marine floating crane. Marine floating crane merupakan alat bantu bokat muat yang digunakan untuk memindahkan muatan berupa batu bara ke kapal pengangkut batu bara yang lebih besar kapasitasnya yang beroperasi di tengah laut seperti kapal bulkcarier. Pada aplikasinya marine floating crane pada saat beroperasi di tengah laut dipengaruhi oleh kondisi alam dan gelombang sehingga membutuhkan peralatan penunjang agar dapat menahan dari pengaruh lingkungan saat proses bongkar muat di tengah laut yaitu sistem jangkar panahan. Dengan menggunakan software MOSES, Penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa sistem jangkar penahan yang baik pada marine floating crane dengan beban 40 Ton adalah ukuran mooring tali baja dengan diameter sebesar 28 mm dan type tali baja Dyform 34LR & 34LRPI Class.

Kata kunci: Sistem Jangkar, MOSES, Gaya Mooring, Tali Baja

STRENGTH ANALISYS OF ANCHOR SYSTEM TO SUPPORT 40 TON LOADS OF MARINE FLOATING CRANE

Name : Ach. Khoiri Hidayat
NRP : 4214 105 020
Departement : Marine Engineering
Supervisor : 1. Ir. Amiadji MM, M.Sc
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil

Abstract

Indonesia is a maritime country with 13.466 islands registered, transportation system and maritime industry needs more attention. There are many technology continue to innovate for example marine floating crane. Marine floating crane is unloading equipment used to a coal cargo to transfer to the bigger ship that have greater capacity that operate in the middle of the sea like a bulkcarier. Floating cranes at the moment operation in the middle of the ocean affected by natural conditions such waves that require auxiliary equipment in order to withstand the influence of the environment during the process of loading and unloading the anchor system of archery. By using softwear MOSES, Research conclude that the anchor system is suitable application in marine floating crane with a load of 40 tons is the size of the mooring steel ropes with a diameter of 28 mm and type steel rope Dyform 34LR & 34LRPI Class.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	VII
ABSTRAK	IXV
KATA PENGANTAR.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.X
DAFTAR ISI.....	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XVI
DAFTAR TABEL.....	XVII
BAB I PENDAHULUAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.1. LATAR BELAKANG	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.2. PERUMUSAN MASALAH..	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.3. BATASAN MASALAH	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.4. TUJUAN PENULISAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.5. MANFAAT PENULISAN	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1. MARINE FLOATING CRANE	5
2.2. Daerah Wilayah Akses	6
2.3. Sistem Jangkar	9
2.4. MOORING	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
BAB III METODE PENELITIAN.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.1. MARINE FLOATING CRANE	23
4.1.1. Spesifikasi Marine Floating Crane	23
4.1.2. Spesifikasi Analisa gerak marine floating crane sebelum menggunakan sistem mooring	24
4.1.3. Analisa gaya yang bekerja pada setiap mooring..	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	23

5.1.	KESIMPULAN	23
5.2.	SARAN.....	23
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN.....		37
BIODATA PENULIS.....		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Marine Floating Crane.....	5
Gambar 2 Laut Jawa.....	7
Gambar 3 Marine Floating Crane 3D.....	18
Gambar 4 Marine Floating Crane dengan Mooring 3D	19
Gambar 5 Marine Floating Crane Paper.....	23
Gambar 6 Hasil Running Moses tanpa Mooring	24
Gambar 7 Grafik RAO Translation Pada Arah Gelombang 135'	26
Gambar 8 Grafik RAO Rotation Pada Arah Gelombang 135'	26
Gambar 9 Hasil Running Marine Floating Crane menggunakan Mooring	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi Laut Jawa.....	8
Tabel 2 Hasil Running Moses tanpa Mooring.....	25
Tabel 3 Hasil Running marine Floating Crane menggunakan Mooring.....	29
Tabel 4 Bahan Mooring.....	29
Tabel 5 Nilai Z	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, dan pengembangan wilayah dari tahun ke tahun, kebutuhan energy dan bahan bakar secara nasional pun semakin besar. Permintaan batu bara meningkat, sehingga dibutuhkan alat bantu untuk mampu memenuhi permintaan batu bara yang meningkat tersebut. Indonesia merupakan Negara maritim dengan jumlah kepulauan terbanyak di dunia, hingga mencapai 13.466 Pulau yang terdaftar dan berkoordinat. Dari banyaknya daerah kepulauan tersebut, bidang transportasi perlu lebih diperhatikan. Terlebih lagi negara Indonesia merupakan negara maritim yang sangat identik dengan dunia marinenya, di dunia marine terdapat banyak teknologi terus berinovasi seperti contohnya marine floating crane.

Marine floating crane adalah alat bantu bokat muat yang digunakan untuk memindahkan muatan berupa batu bara ke kapal pengangkut batu bara yang lebih besar kapasitasnya yang beroperasi di tengah laut seperti kapal bulkcarrier. Pada aplikasinya marine floating crane pada saat beroperasi di tengah laut dipengaruhi oleh kondisi alam dan gelombang sehingga membutuhkan peralatan penunjang agar dapat menahan dari pengaruh lingkungan saat proses bongkar muat di tengah laut yaitu sistem jangkar panahan.

Tentunya untuk merancang dan membuat sistem jangkar panahan marine floating crane perlu banyak tahap, juga dari segala segi yang akan di perhatikan dari segi material, kontruksi dan juga biaya pembuatan, dan perlu diperhatikan juga tentang type jangkar atau pondasi bangunan bawah marine crane portable sebagai salah satu bagian yang sangat penting dalam penahan bangunan marine crane portable, namun dalam penelitian ini hanya akan membahas desain sistem jangkar dengan

mempertimbangkan faktor kedalaman laut dan gelombang laut yang terjadi saat marine floating crane sedang beroperasi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya maka rumusan permasalahan yang timbul adalah Bagaimana desain sistem jangkar yang mampu menahan marine floating crane agar stabil saat operasional di laut?

1.3. Batasan Masalah

Batasan Masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Kapal yang digunakan merupakan Marine Floating Crane beban 40 Ton
- b. Tidak memperhitungkan seluruh pertimbangan desain pada sistem jangkar kecuali yang berhubungan dengan pengaruh kedalaman laut dan pengaruh gelombang regular.
- c. Tidak membahas stabilitas pada Marine Floating Crane.
- d. Pendesainan dilakukan menggunakan sofwear MOSES.

1.4. Tujuan Penulisan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui besar gaya yang bekerja pada tiap Mooring kapal pada sudut gelombang regular.
- b. Mengetahui desain sistem jangkar yang aman dan stabil untuk marine floating crane beban 40 Ton
- c. Mengetahui jenis dan type mooring dan jangkar yang sesuai untuk marine floating crane beban 40 Ton

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

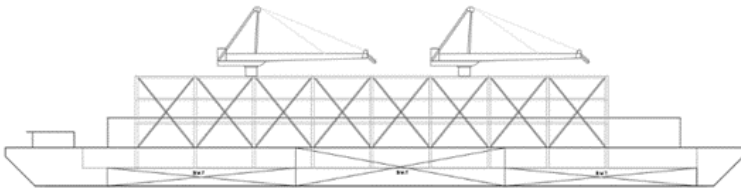
- a. Sebagai acuan perancangan desain system jangkar yang memenuhi untuk marine floating crane
- b. Sebagai salah satu solusi permasalahan marine floating crane saat pengoprasian ditengah laut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Marine Floating Crane

Marine floating crane merupakan alat untuk mengangkut muatan dari satu tempat ke tempat yang lain, yang mana marine floating crane tidak mempunyai mesin induk dan alat kemudi melainkan pergerakannya di atur oleh Tugboat. Marine floating crane juga mampu mengangkat muatan berat sehingga dengan menggunakan Marine floating crane suatu muatan dapat dengan mudah diangkat, atau di pindahkan ke mother vessel.



Gambar 1 Marine Floating Crane

Marine floating crane juga dapat disebut sebagai kapal terapung yang mempunyai crane untuk mengangkut muatan berupa batubara dari tongkang kemudian diproses dan diteruskan masuk kedalam palka mother vessel. salah satu contoh yaitu Marine floating crane Parameswara, Marine floating crane Parameswara ini berbeda dengan kapal floating yang lain dikarenakan pengoperasian pemuatannya / pengoperasian pemuatannya (Loading operation) menggunakan sistem ban berjalan / Conveyor belt sedangkan jenis Marine floating crane yang lain pengoperasian bermacam macam sesuai dengan jenisnya.

Pemuatan Batubara dengan menggunakan Marine floating crane ini sering juga di sebut dengan istilah Transhipmen. Transshipment merupakan suatu proses bongkar muat dimana

sebagian atau seluruh barang yang diangkut dari tempat asal tidak langsung dikirim ke tempat tujuan tetapi melalui tempat transit (transshipment).

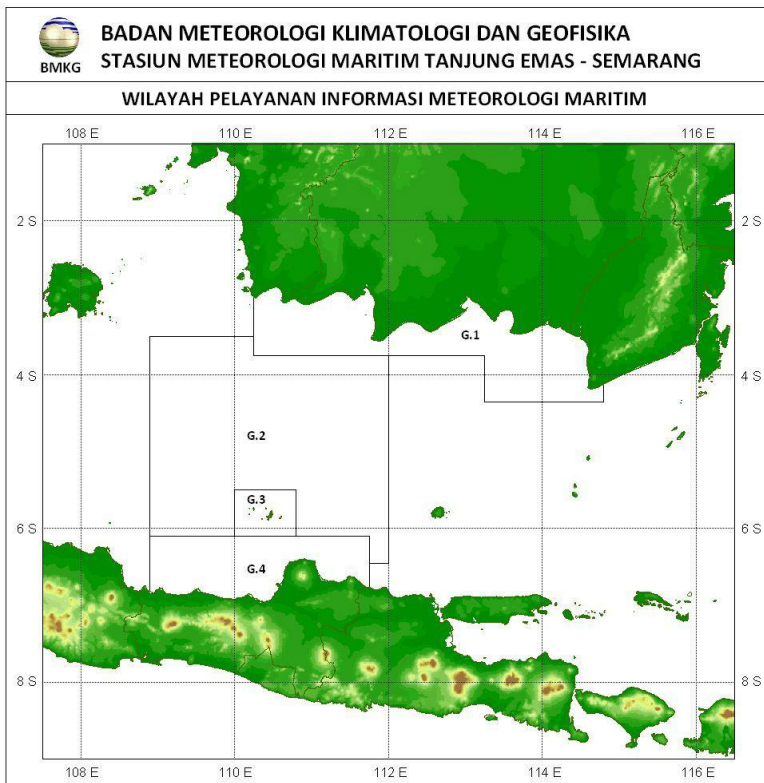
Keuntungan Marine Floating Crane

Menggunakan Marine floating crane dalam suatu transhipmen batu bara terdapat beberapa keuntungan bagi pemilik barang (Shipper) antara lain:

1. Dapat menghemat waktu pemuatan
2. Tidak semua jenis kapal besar dapat masuk dalam suatu kawasan pelabuhan dikarenakan pengaruh pelabuhan muat cukup sempit oleh kapal yang bermuatan besar dan draft kapal juga berpengaruh.
3. Quantity yang di muat lebih banyak.
4. Mengurangi penanganan muatan ganda (doble handling).
5. Mengurangi polusi.

2.2. Daerah Wilayah Akses

Laut Jawa adalah perairan dangkal dengan luas kira-kira 310.000 km² di antara Pulau Kalimantan, Jawa, Sumatera, dan Selawesi di gugusan kepulauan Indonesia. Laut ini relatif muda, terbentuk pada zaman es terakhir (sekitar 12.000 tahun sebelum Masehi) ketika dua sistem sungai bersatu. Di barat lautnya, selat Karimata yang menghubungkannya dengan Laut China Selatan. Kedalaman Laut Jawa bagian utara (selatan pulau Kalimantan) +/- 30 meter dibawah permukaan laut.



Gambar 2 Laut Jawa

Di Laut Jawa terdapat beberapa gugusan pulau dan kepulauan: kepulauan seribu di utara kabupaten Tangerang dan secara Administrasi masuk dalam wilayah DKI Jakarta, Kepulauan Karimun Jawa yang masuk administrasi Jawa Tengah, Pulau Bawean dan pulau pulau kecil di sekitarnya, Kepulauan Masalembo, dan pulau kangean beserta pulau-pulau kecil disekitarnya yang berada dibawah administrasi Provinsi Jawa Timur.

Perikanan adalah kegiatan ekonomi penting di laut Jawa. Ada 3000 lebih spesies kehidupan laut di daerah ini. Laut Jawa, Khusus nya dibagian barat memiliki cadangan minyak bumi dan gas alam yang dapat dieksploitasi.

Daerah sekitar laut Jawa merupakan daerah tujuan pariwisata populer. Selam scuba menawarkan kesempatan untuk menjelajahi dan memotret gua dibawah laut, kapal tenggelam, terumbu karang, dan kehidupan bawah air. Beberapa taman nasional berada diwilayah ini. Dekat Jakarta berada di kepulauan seribu adalah taman nasional ujung kulon. Karimun Jawa adalah taman nasional yang terdiri dari 27 pulau.

Kondisi Laut Jawa

Wilayah perairan selatan Kalimantan Tengah, Laut Jawa Bagian Tengah, Perairan kep. Karimun Jawa dan Perairan Utara Jawa Tengah berawan, berpeluang hujan. Angin bertiup dari arah Barat Daya - Barat Laut dengan Kecepatan 2 - 20 knot. Tinggi gelombang laut 0.3 – 2.0 meter dengan tinggi maksimal sebesar 2.5 m dalam kondisi ekstreme dan dengan kedalaman 10 - 30 m. Berikut data kondisi Laut Jawa menurut sumber BMKG sebagai berikut:

Tabel 1 Data Kondisi Laut Jawa

Kode	Nama Wilayah Pelayanan	Cuaca	Gelombang (m)	Gelombang max (m)
G.01	Perairan selatan Kalimantan Tengah	Hujan Ringan	0.3 – 2.0	2.5
G.02	Laut Jawa bagian tengah	Hujan Sedang	0.5 – 2.0	2.5
G.03	Perairan Kep.	Hujan	0.5 - 1.5	2.5

	Karimun Jawa	Sedang		
G.04	Perairan utara Jawa Tengah	Hujan Sedang	0.3 – 1.25	2.5

Kode	Nama Wilayah Pelayanan	Angin	
		Arah	Kec.(kt)
G.01	Perairan selatan Kalimantan Tengah	Selatan - Barat	2 - 20
G.02	Laut Jawa bagian tengah	Barat Daya - Barat Laut	6- 23
G.03	Perairan Kep. Karimun Jawa	Barat - Barat Laut	10 - 20
G.04	Perairan utara Jawa Tengah	Barat Daya - Barat Laut	2 - 23

BMKG, Juli 2016

2.3. Sistem Jangkar

Jangkar adalah sebuah alat yang berguna untuk membatasi gerak kapal pada saat kapal berlabuh, meskipun mendapat tekanan oleh arus laut, angin, gelombang maupun yang lain. Jangkar diturunkan secara gravitasi, sedangkan untuk mengangkatnya digunakanlah windlass.

Kapal biasanya dilengkapi dengan tiga macam jangkar;

1. Jangkar haluan (bower anchor) untuk menahan posisi haluan atau buritan.
2. Jangkar cemat (kedges anchor), untuk menarik kapal jika terjadi bahaya.

3. Jangkar arus (stream anchor) untuk menahan posisi haluan atau buritan.

Komponen Sitem Jangkar

Adapun peralatan penunjang jangkar adalah sebagai berikut :

- Rantai jangkar (anchor chain)
- Tabung rantai jangkar (hawse pipe)
- Pipa rantai (chain pipe)
- Bak rantai jangkar (chain locker)
- Penahan rantai jangkar (chain stopper)
- Mesin jangkar (anchor windlass)

Sitem Kerja Mesin Jangkar

Adapun Sistem kerja sistem mesin jangkar adalah sebagai berikut:

Jangkar ditarik dengan melalui hawse pipe, jangkar yang terkait dengan menggunakan joining shackle, dan dilengkapi dengan swivel, sehingga apabila jangkar berputar maka rantai jangkar tidak melilit dan rantai akan melalui chain stopper yang terpasang digeladak. Selanjutnya rantai ditarik oleh mesin jangkar yang berputar dengan penggerak motor hidrolik. Kemudian rantai ditarik masuk melalui chain pipe terus turun masuk ke bak rantai dan pada ujungnya rantai dikaitkan pada chain slip dengan dikaitkan pada segel penghubung, seterusnya segel ini dikaitkan pada cable clinch kaitan yang dipasang kuat pada salah satu konstruksi kapal seperti frame. Rangkaian rantai pada bagian ujung dalam dekat dengan bak rantai dilengkapi sliphook dibagian chain slip ini saat darurat dapat dengan mudah dilepas.

Perhitungan Sitem Jangkar

a. Menentukan harga karakteristik Z

Δ = Displacement kapal

h = Tinggi kapal diukur dari garis muat samapai puncak tertinggi rumah geladak

$h = a + \Sigma h'$

A = luas proyeksi lambung kapal bangunan di atas garis muat sepanjang L setinggi h

b. Menentukan karakteristik peralatan jangkar

Z = Z number

Berdasarkan peraturan BKI tahun 2014 Volume II Section 18 B, penentuan jumlah dan berat jangkar harus melalui penentuan Z number terlebih dahulu. Besarnya nilai Z number dapat ditentukan dengan formula:

$$Z = D^{2/3} + 2hB + (A/10)$$

c. Menghitung Gaya Tarik Pengangkat Jangkar (Tcl)

Ga = berat jangkar

dc = ukuran balok rantai

Pa = berat rantai jangkar

$Pa = 0,0218 \times dc^2$ (stud link)

La = panjang rantai yang menggantung

$\gamma_a = \text{density material}$

$\gamma_w = \text{density sea water}$

f_h = factor taking into account the friction losses in the house hole and stopper (1,28 - 1,35)

d. Menghitung torsi pada *Cable Lifter* (Mcl)

Tcl = gaya tarik pengangkat jangkar

$T_{cl} = 2f_h \times (G_a + p_a \times L_a) \times (1 - Y_w/Y_a)$

dcl = diameter efektif *cable lifter*

$d_{cl} = 13,6 \times d_c$

η_{cl} = efisiensi *cable lifter* (0,9-0,92)

e. Menghitung Torsi pada Poros Motor (Mm)

Mcl = torsi pada *cable lifter*

η_a = efisiensi total peralatan (0,7 - 0,85)

i_a = perbandingan gigi mekanis

V_a = kecepatan tarik jangkar paling sedikit 0,15 m/s

η_{cl} = efisiensi peralatan

f. Menghitung Daya Motor Penggerak *Windlass* (Ne)

$N_e = (M_m \times N_m) / 746$

Mm = torsi pada poros motor

$M_m = M_{cl} / (i_a \times \eta_a)$ (Nm)

Nm = putaran motor penggerak (523 - 1165 rpm)

Agoes, 2014

2.4. Mooring

Sistem Mooring merupakan alat yang digunakan untuk mengamankan kapal agar tetap berada pada tempatnya. Fungsi

mooring pada prinsipnya adalah untuk mengamankan posisi kapal agar tetap pada tempatnya.

Jenis-jenis Mooring Pada Kapal

Pada umumnya Mooring system yang digunakan untuk FSO/FPSO (Floating Production Storage and Offloading) adalah Spread Mooring, Turret Mooring, Tower Mooring, dan Buoy Mooring.

1. Spread Mooring

Boleh dibilang spread mooring adalah cara yang paling sederhana sebagai sarana tambat FSO/FPSO, karena pada system ini tidak memungkinkan bagi kapal untuk bergerak/berputar guna mencapai posisi dimana efek-efek lingkungan semisal angin, arus dan gelombang relative kecil. Namun hal ini akan mengakibatkan beban lingkungan terhadap kapal menjadi semakin besar, yang mana akan mengakibatkan bertambahnya jumlah mooring lines dan atau line tension-nya.

Peralatan yang digunakan biasanya merupakan peralatan yang pada umumnya sudah tersedia di kapal. Pada system ini digunakan satu set anchor legs dan mooring lines yang biasanya terletak pada posisi bow dan stern kapal. Karena peralatan yang digunakan relative sederhana, maka tidak perlu dry docking untuk melakukan modifikasi terhadap mooring systemnya. Spread mooring dapat diterapkan pada setiap type kapal, namun dengan tetap memperhatikan fasilitas produksi di atas kapal. Pada FPSO Belanak Natuna yang di atasnya terdapat fasilitas produksi crude oil dan LPG, maka posisi fixed heading menjadi kebutuhan yang sangat

penting dan oleh karenanya digunakan system spread mooring, karena pergerakan/perputaran dari kapal akan sangat berpengaruh pada proses produksi LPG. Pada system ini, peralatan offloading biasanya terletak di bow atau stern kapal, atau dengan menggunakan buoy yang didedikasikan khusus untuk sarana transfer cargo.

2. Turret Mooring

Pada system ini kapal dihubungkan dengan turret, yang mana dengan adanya bearing memungkinkan kapal untuk dapat berputar. Dibandingkan dengan spread mooring, pada system ini riser dan umbilical yang diakomodasi dapat lebih banyak lagi. Turret mooring dapat berupa external turret atau internal turret :

A. External Turret

External Turret dapat diletakkan pada posisi bow atau stern kapal, di luar lambung kapal, memungkinkan kapal untuk dapat berputar 360 derajat dan beroperasi pada kondisi cuaca normal maupun extreme. Chain leg “ditanam” di dasar laut dengan anchor atau piles. Biaya pembuatannya lebih murah dibandingkan dengan internal turret dan modifikasi yang dilakukan di kapal tidak terlalu banyak. Selain posisi turret, perbedaan lain dibandingkan dengan internal turret adalah posisi chain table-nya. Pada external turret, chain table terletak di atas water level, sedangkan pada internal turret, chain table terendam di bawah garis air. Pada umumnya system ini digunakan di perairan yang tidak terlalu dalam dan pada lapangan yang relative kecil. Contoh aplikasi di Indonesia : FPSO Anoa Natuna

B. Internal Turret

Keunggulan system ini adalah dapat terpasang secara permanen maupun tidak (dis-connectable), dapat diaplikasikan pada lapangan dengan kondisi lingkungan yang moderat sampai ekstrim, dan sesuai untuk deepwater. System ini dapat mengakomodasi riser hingga 100 unit dan kedalaman laut hingga 10,000 feet. Rasanya belum ada contoh aplikasi di Indonesia.

3. Tower Mooring

Pada system ini FSO/FPSO dihubungkan ke tower dengan suatu permanent wishbone atau permanen/temporary hawser. Sesuai untuk laut dangkal hingga sedang dengan arus yang cukup kuat. Keuntungannya adalah:

Transfer fluida yang sederhana, dengan menggunakan jumper hoses dari tower ke kapal

- Akses langsung dari kapal ke tower
- Modifikasi yang tidak terlalu banyak pada kapal
- Semua mechanical equipment terletak di atas sea level

Contoh aplikasi di Indonesia : FSO Ladinda

4. Buoy Mooring

Pada system ini sebuah buoy digunakan sebagai mooring point kapal dan untuk offloading fluida. Tujuan utamanya adalah untuk transfer fluida dari daratan atau fasilitas offshore lainnya ke kapal yang sedang ditambatkan. Komponen-komponennya antara lain:

- Buoy Body, sebagai penyedia stabilitas dan buoyancy
- Komponen Mooring dan Anchoring, menghubungkan buoy dengan seabed dan hawser menghubungkan buoy dengan kapal

- Product transfer Sytemo Auxiliary System, boatlanding, lifting, dan sebagainya.

Contoh aplikasi di Indonesia : FSO Arco Ardjuna

[Kamal, 2010](#)

BAB III

METODE PENELITIAN

Penyelesaian masalah pada penelitian ini menggunakan software Moses . Desain pengerjaan penelitian dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah. Proses pengerjaan penelitian dibagi dalam 3 tahapan utama yaitu Persiapan (Identifikasi masalah, Studi Literatur, Pengumpulan data, Penentuan variabel uji), Pendesainan (Perhitungan gaya yang bekerja pada tiap mooring di software, Analisa data dan Penentuan jenis mooring, jangkar), dan Kesimpulan.

Tahap I. Persiapan

Identifikasi Permasalahan

Identifikasi rumusan masalah mencakup keadaan laut yang nantinya akan digunakan untuk menentukan gelombang regular dan kedalaman laut yang berpengaruh terhadap gaya yang bekerja pada *mooring* dalam sistem jangkar.

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi untuk dipelajari sebagai bahan pendukung kegiatan penelitian diantaranya adalah dengan mencari beberapa referensi buku, jurnal, paper ataupun dari internet yang berhubungan dengan karakteristik *marine floating crane*, sistem *mooring*, jenis jangkar, dan gaya yang bekerja pada sistem jangkar.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data mengenai kondisi laut yang berkaitan dengan kedalaman dan gelombang regular yang akan digunakan oleh *marine floating crane*. Daerah pelayaran kapal dianggap pada perairan tenang yang tidak memiliki ombak lebih dari 2,5 meter dengan kedalaman 30 meter.

Penentuan Variabel Uji

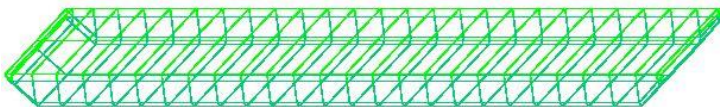
Penentuan parameter uji dalam *Softwear Moses* meliputi :

- Variabel tetap : Kedalaman Laut, Arah dan tinggi gelombang regular
- Variabel bebas : Jumlah mooring

Tahap II. Analisa

Pembuatan Desain Marine Floating Crane Dan Mooring di Software

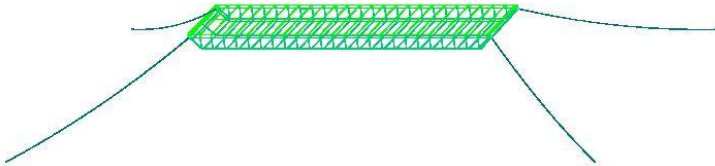
Pembuatan desain sistem jangkar pada marine floating crane dilakukan dengan memakai data marine floating crane yang telah ada. Ukuran kapal yang dipakai pada penelitian ini menggunakan kapal Marine floaring crane MV. MFC12.



Gambar 3 Marine Floating Crane 3D

Pemasangan Mooring

Pemasangan mooring berdasarkan variable kedalaman laut, tinggi dan arah gelombang regular pada penelitian ini untuk mengetahui gaya yang bekerja pada setiap mooring sehingga dapat diketahui jenis dan type mooring dan sistem jangkar yang tepat berdasarkan data hasil running MOSES.



Gambar 4 Marine Floating Crane dengan Mooring 3D

Analisa Data

Analisa data didapatkan dari hasil running MOSES pada tiap-tiap variable bebas dan variable tetap serta menampilkan data tersebut dalam tabel dan grafik.

Penentuan Jenis Mooring dan Jangkar

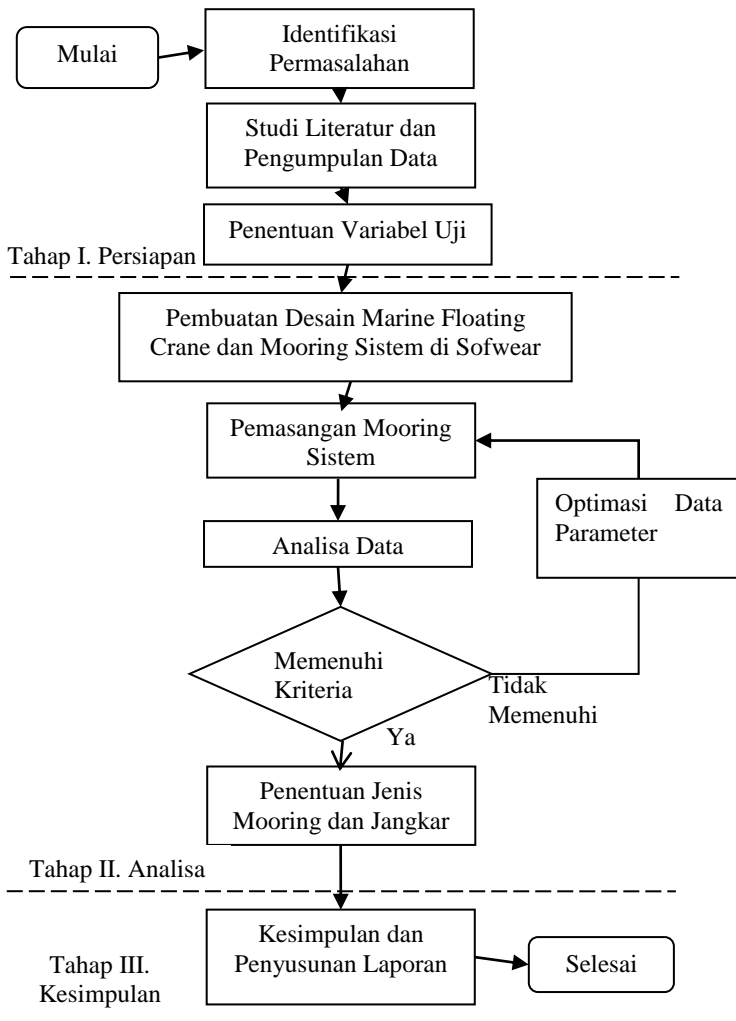
Penentuan jenis mooring dan jangkar dalam desain dilakukan dengan menyimpulkan data hasil running software MOSES yang kemudian hasil tersebut untuk menentukan type mooring dan bahan mooring serta jenis jangkar dan type jangkar yang akan digunakan. Sehingga dapat ditentukan desain sistem jangkar yang sesuai.

Tahap III. Kesimpulan

Kesimpulan

Setelah dilakukan running dan dihasilkan data mengenai gaya yang bekerja pada tiap mooring dan berapa kebutuhan jangkar pada setiap mooring dengan menggunakan variable tetap dan variable bebas, maka selanjutnya dianalisa besar ukuran mooring dan jenis bahan serta type dan jenis jangkar yang dibutuhkan untuk menahan agar marine floating crane tetap stabil beroperasi di laut.

Flow chart Metodologi Penelitian

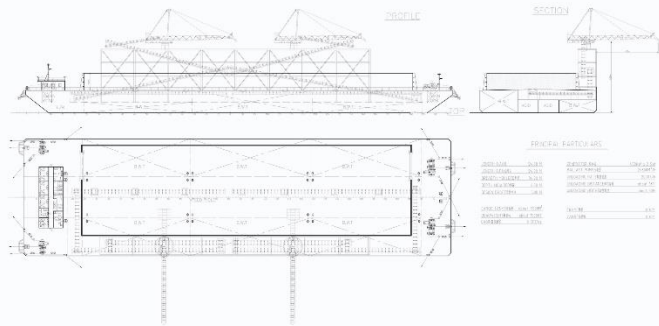


"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Marine Floating Crane

4.1.1. Spesifikasi *Marine Floating Crane*



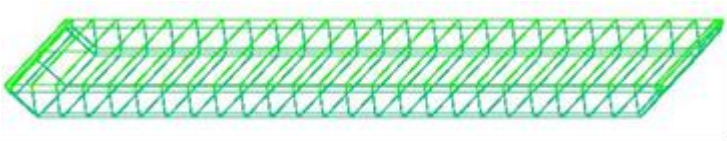
Gambar 5 Marine Floating Crane

Principal Particulars

LOA	=	124.68	m
LWL	=	124.37	m
LBP	=	124.00	m
B moulded	=	34.00	m
D moulded	=	6.50	m
T / Draft	=	5.00	m
Cb	=	0.98	
Cargo Tank	=	11500	m ³
DWT	=	15000	T
Cabin	=	6	Crews

Generator	=	400	KW	2 Set
Ballast Pump	=	300	m ³ / h	2 Set
Unloading Rate	=	2000	T/h	
Unloading Distance	=	18	m	
Unloading Height	=	20	m	
Frame	0.70	m		
Camber	0.30	m		

4.1.2. Spesifikasi Analisis Gerak *Marine floating crane* Sebelum Menggunakan Sistem *Mooring*

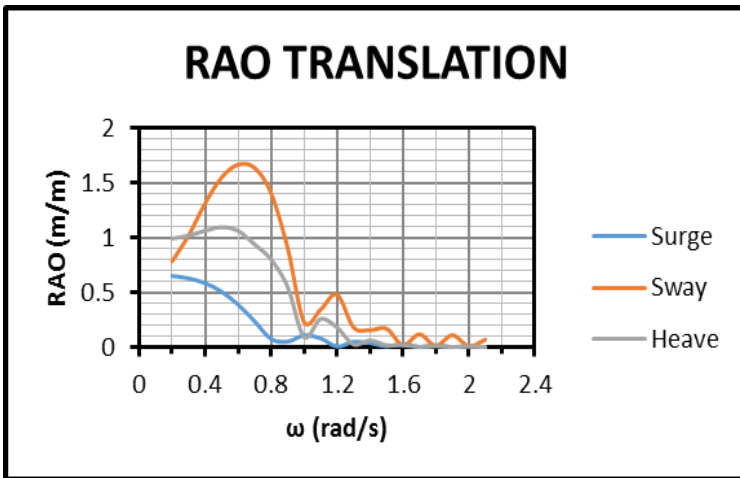


Gambar 6 Hasil Running Moses tanpa Mooring

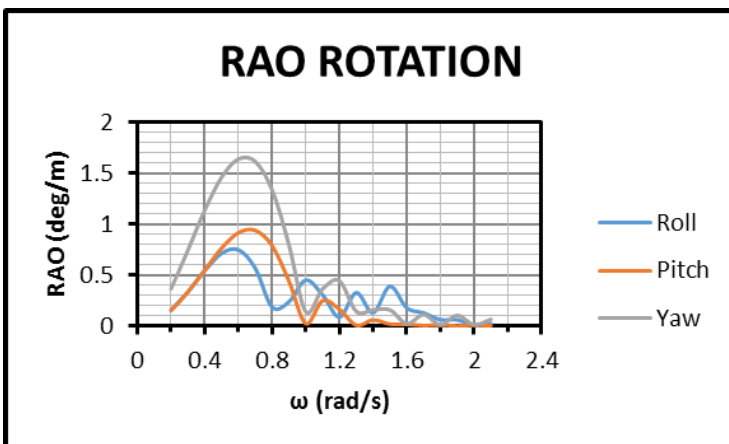
Pada analisa sebelum menggunakan sistem mooring marine floating crane di analisa terkait RAO (6 derajat kebebasan) meliputi : surge, sway, yaw, heave, roll, dan pitch. Yaitu olah gerak kapal bergerak karena pengaruh lingkungan arah gelombang regular serta tinggi gelombang dengan arah gelombang regular sebesar 135 derajat dengan tinggi gelombang maksimal sebesar 2,5 meter dengan kedalaman laut sebesar 30 meter. Dalam sofwear MOSES menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Running Moses tanpa Mooring

ω (rad/s)	RAO Translasi (m/m)			RAO Rotasi (deg/m)		
	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2001	0.651	0.785	0.992	0.155	0.154	0.366
0.30	0.629	1.021	1.019	0.334	0.332	0.743
0.40	0.585	1.314	1.064	0.542	0.549	1.136
0.50	0.507	1.549	1.096	0.712	0.763	1.459
0.60	0.389	1.666	1.062	0.747	0.915	1.639
0.70	0.237	1.637	0.939	0.567	0.939	1.615
0.80	0.077	1.405	0.801	0.185	0.788	1.336
0.90	0.052	0.910	0.551	0.236	0.442	0.799
1.00	0.109	0.231	0.094	0.449	0.023	0.139
1.10	0.082	0.342	0.258	0.304	0.247	0.363
1.20	0.007	0.481	0.181	0.086	0.163	0.442
1.30	0.049	0.182	0.026	0.326	0.006	0.142
1.40	0.039	0.157	0.063	0.130	0.058	0.157
1.50	0.009	0.170	0.020	0.389	0.018	0.157
1.60	0.031	0.020	0.018	0.177	0.017	0.021
1.70	0.004	0.118	0.004	0.127	0.004	0.111
1.80	0.020	0.014	0.009	0.061	0.008	0.010
1.90	0.003	0.111	0.003	0.060	0.001	0.103
2.00	0.013	0.010	0.007	0.006	0.007	0.011
2.10	0.001	0.070	0.003	0.024	0.002	0.065



Gambar 7 Grafik RAO Translation Pada Arah gelombang 135°



Gambar 8 Grafik RAO Rotation Pada Arah gelombang 135°

Dari data diatas dapat diambil data Heave Max untuk perhitungan manual gaya yang bekerja sebagai acuan perhitungan mooring secara manual, sebagai berikut:

Menghitung Gaya Dari Respon Moses

Heave = 1.096 m (didapat dari heave pada sofwer MOSES maksimal pada arah 135 derajat)

Cog KAPAL = 3.31 m
 Th (Draft) = Cog + Heave Max
 = 3.31 + 1.096
 = 4.406 m

Daya apung / daya angkat keatas dengan Heave maksimal

F (Displacement) = F Apung
 = $LWL \times B \times Th \times Cb \times 1.025$
 = 18677.94592 ton

F untuk tiap Mooring

Jumlah Mooring = 4 Buah
 F m = F (Displacement)/Jumlah Mooring
 = 7069.48648 ton

Menggunakan BRIDON katalog Mooring Line

Breaking Load = 71.9 Tonnes
 Diameter = 28 mm
 Weigh = 3.92 Kg/m

Sebelumnya perlu dihitung terlebih dahulu berapa nilai tension maksimum yang diijinkan oleh API RP 2SK 2nd edition, Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Safety Factor = 1.67
 SF = $\frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Maximum Tension}}$

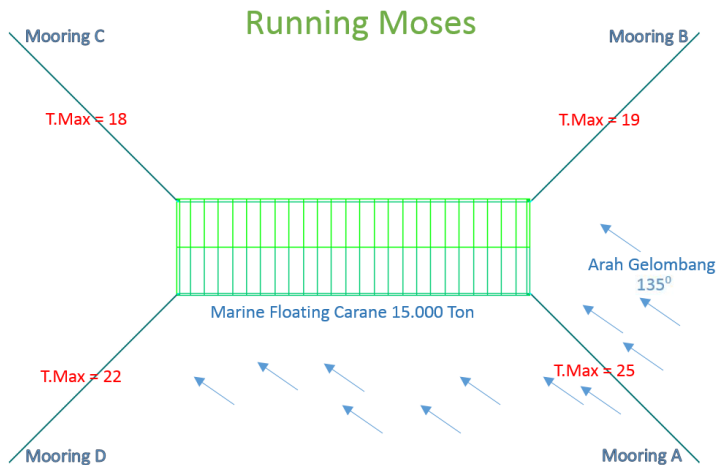
$$\text{Maximum Tension} = \frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Safety Factor}}$$

$$= 71.9/1.67$$

$$\text{Maximum Tension} = 42.57485 \quad \text{Ton}$$

Jadi Kekuatan Mooring Line minimal dalam perencanaan adalah sebesar 42.57485 Ton pada setiap mooring line

4.1.3. Analisis Gaya Yang Bekerja Pada Setiap Mooring



Gambar 9 Hasil Running Marine Floating Crane Menggunakan Mooring

Gaya yang bekerja pada setiap Mooring dengan arah gelombang regular 135 derajat dengan kedalaman laut 30 meter maka hasil dari running moses adalah sebagai berikut:

```

>REPORT
>&STATUS F_CONNECT|
          +++ C O N N E C T O R   F O R C E S   +++
          =====

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified
Forces in Body System at Attachment - Magnitude is Sqrt( X**2 + Y**2 + Z**2 )

  Conn.   Body    FX      FY      FZ      MX      MY      MZ      MAG.
-----
A        FLOATING -9.6    9.6    -6.0    0        0        0        25
B        FLOATING -5.6   -5.5    -4.0    0        0        0        19
C        FLOATING  5.3   -5.3    -3.9    0        0        0        18
D        FLOATING  7.9    7.9    -5.2    0        0        0        22

THE FOLLOWING DATA WILL BE USED
=====
Spectrum Type      = REGULAR
Sign. Wave Height  = 2.5
Mean Period        = 17.00
Mean Heading       = 135.00
Spreading Coef.    = 200.00
Statistics         = MAX

```

Tabel 3 Hasil Running Marine Floating Crane Menggunakan Mooring

Mooring	Tension Max (toones)	Minimum Breaking Load
		SF x Tension Max (tonnes)
A	25	41.75
B	19	31.73
C	18	30.06
D	22	36.74

Safety Factor (SF) = 1.67 (API RP 2SK 2nd edition)

Berdasarkan data diatas maka diambil nilai minimum breaking load yang terbesar yaitu 41.75 ton kemudian dipilih dari katalog BRIDON mooring line maka ditentukan bahan mooring sebagai berikut:

Tabel 4 Bahan Mooring

Mooring	Bahan Mooring	
	Type	Diameter (mm)
A	Dyform 34LR & 34LRPI	28
B	Dyform 34LR & 34LRPI	28
C	Dyform 34LR & 34LRPI	28
D	Dyform 34LR & 34LRPI	28

Dan dari table diatas dapat diketahui besar gaya yang bekerja pada setiap mooring yang kemudian dikalikan safety factor untuk menengatuhi gaya maksimum yang bekerja pada tiap mooring sehingga dapat diketahui type dan jenis mooring yang harus digunakan, serta akan dapat mengetahui jenis dan type jangkar yang harus digunakan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan Penentuan Jangkar

Berdasarkan peraturan BKI tahun 2009 Volume II Section 18 B besarnya nilai Z number dapat ditentukan dengan rumus :
Penentuan Z Number

$$Z = D^{2/3} + 2hB + (A/10)$$

D = Displacement pada sarat berdasarkan hasil MOSES (S) dalam ton

$$D = 18677.94592 \text{ ton}$$

$$h = a + \Sigma h'$$

$\Sigma h'$ = tinggi efektif dari garis air muat musim panas hingga bagian atas muatan (m)

$$= 23 \text{ m}$$

a = jarak garis air muat musim panas hingga geladak teratas di sisi kapal dalam (m)

$$= 1.50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 h &= 24.5 \text{ m} \\
 A &= \text{luas penampang badan kapal, bangunan atas} \\
 &\quad \text{dan rumah geladak (lebar } > B/4), \text{ diatas garis muat} \\
 &\quad \text{musim panas, pada panjang } L \text{ hingga ketinggian } h \\
 A &= 3019.75216 \text{ m}^2 \\
 Z &= 2988.331716
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Jangkar & Rantai Jangkar Berdasarkan Z Number
 Berdasarkan nilai Z number yang sudah ditentukan diatas,
 maka berikut ini adalah spesifikasinya:

No. Registration	=	140
Equipment Number	=	2870 - 3040
Tipe	=	Bower Anchors
Bower Anchor	=	4 buah
Berat Tiap Anchor	=	8700 kg
Panjang tali baja	=	63.25 m

Tabel 5 Nilai Z

No. for Reg.	Equipment numeral Z	Bower anchor		Stream anchor	Bower anchors				Stream wire or chain for stream anchor		Towline		Mooring ropes		
		Num- ber	Mass per anchor [kg]	Total length [m]	Diameter			Br. load ⁽¹⁾ [kN]	Length [m]	Br. load ⁽²⁾ [kN]	Length [m]	Num- ber	Length [m]	Br. load ⁽¹⁾ [kN]	
					d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
130	1300 - 1930		5610		577,5	76	66	58			320	1110			375
135	1930 - 2080		6000		577,5	78	68	60			320	1170			400
140	2080 - 2230		6450		605	81	70	62			340	1260			435
145	2230 - 2380		6900		635	84	73	64			340	1355			470
150	2380 - 2530		7350		665	87	76	66			340	1455			505
155	2530 - 2700		7800		692,5	90	78	68			360	1570			540
160	2700 - 2870		8300		722,5	93	81	70			360	1670			575
165	2870 - 3040		8700		752,5	95	84	73			360	1770			610
170	3040 - 3210		9200		780	97	87	76			380	1870			645
175	3210 - 3400		9900		860	100	90	78			380	1970			680
180	3400 - 3600		10500		900	102	93	81			380	2070			715
185	3600 - 3800		11100		937,5	105	95	84			380	2170			750
190	3800 - 4000		11700		987,5	107	97	87			380	2270			785
195	4000 - 4200		12300		1037,5	111	97	87			380	2370			820

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Daya minimum terbesar yang yang harus di tahan pada mooring agar dapat menahan agar marine floating crane tetap stabil saat beroperasi di tengah laut sebesar 41,75 tons dan daya yang bekerja pada tiap mooring berbeda akibat arah sudut gelombang yang mengenai mooring.
2. Diameter minimum mooring yang dapat meredam gaya sebesar 41,75 tons sebesar 28 mm berupa tali baja type Dyform 34LR & 34LRPI Class to Apl Steel Core (Matric)
3. Jangkar yang dipilih adalah type Jangkar Bower Anchors dengan berat 8700 kg dengan jumlah 4 buah masing masing mooring.

5.2. SARAN

Dari analisa hasil perancangan desain sistem jangkar yang telah dilakukan, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan perhitungan terkait segi ekonomis dalam penentuan baik tali baja dan juga semua yang terkait sistem jangkar
2. Salah satu komponen yang mempengaruhi gaya pada tiap mooring adalah arah dari gelombang regular, sehingga disarankan untuk menggunakan variasi arah gelombang untuk perancang sitem mooring pada marine floating crane

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santoso, Agus. 2014. Perhitungan Permesinan Bantu. Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan (ID): ITS Library
- [2] BKI Vol II Rule for Hull Section 18 Surabaya (ID) : ITS Library.
- [3] Budiarto U, Rindo G. 2015. Practical Ship Building seri B hal 4. Surabaya (ID): ITS Library.
- [4] ABS 2004 Mooring line (ID) : ITS Library.
- [5] Wahid, 2014 pengertian floating crane (ID) : <http://andriyudiawahid.blogspot.co.id/> [diakses pada tanggal 29 Maret 2016]
- [6] Kamal, 2010 perlengkapan pada sistem jangkar <http://katakamal.blogspot.co.id/> [diakses pada tanggal 02Apr 2016]
- [7] Suudi, 2014 Mooring system pada kapal <http://materi-perkapalan.blogspot.com> [diakses pada tanggal 29 Mei 2016]

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Muncar Banyuwangi, 12 Desember 1991. Penulis merupakan anak ke empat dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal sekolah antara lain yaitu SD Islam Darul Muttaqien Muncar, SMP Negeri 1 Muncar dan SMK Budi Utomo Perak Jombang.

Setelah lulus dari SMK Budi Utomo pada tahun 2009, penulis melanjutkan ke jenjang Diploma 3 dan Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2014 melalui jalur Mandiri Lintas Jalur. Terdaftar dengan Nomor Registrasi Pelajar 4214105020. Penulis mengambil bidang studi marine *manufacturing and design* (MMD) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.